

PENGEMBANGAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI DESA UUWAN KECAMATAN DUMOGA BARAT KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW

Yermia Kumaat Tumanan

Alex Binilang, Isri R. Mangangka

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: yermiakumaat22@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka kebutuhan akan air bersih semakin meningkat. Desa Uuwan, kecamatan Domuga Barat, kabupaten Bolaang Mongondow sudah memiliki sistem penyediaan air yang dibuat oleh Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (PNPM). Saat ini sistem pelayanan yang diberikan sudah tidak bisa digunakan lagi. Hal ini dikarenakan mata air yang ada sudah mulai mengering. Akan tetapi, pada sistem ini masih terdapat beberapa pipa yang masih bisa digunakan. Untuk itu perlu dilakukan pengembangan sistem penyediaan air bersih dengan mencari sumber baru.

Dalam melakukan pengembangan ini digunakan data proyeksi pertumbuhan penduduk dengan metode regresi logaritma. Setelah itu perlu dilakukan perhitungan akan kebutuhan air bersih hingga tahun 2035 yang di dapat dari hasil proyeksi pertumbuhan penduduk yang memiliki nilai r^2 terbesar dan Se terkecil. untuk perencanaan sistem penyediaan air bersih ini digunakan software EPANET 2.0.

Berdasarkan analisis pengembangan sistem penyediaan air, maka diperoleh jumlah penduduk desa Uuwan pada tahun 2035 adalah 2623 orang. Kebutuhan air total 64,270 l/orang/hari, dengan debit yang dimiliki sebesar 1,992 l/dtk atau sebesar 172108,8 l/hari. Dengan kata lain mata air yang baru dapat memenuhi kebutuhan penduduk di desa Uuwan. Pengembangan sistem penyediaan air bersih ini terdiri atas broncaptering, reservoir, pipa transmisi, pipa distribusi, hidran umum, dan juga beberapa pipa distribusi yang layak digunakan dari sistem yang lama.

Kata kunci : Pertumbuhan Penduduk, Pengembangan Sistem Penyediaan, Air Bersih

PENDAHULUAN

Latar belakang

Penyediaan air bersih untuk masyarakat memiliki peran penting dalam meningkatkan kesehatan lingkungan dan juga masyarakat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh *National Geographic*, 4 miliar penduduk dunia tidak memiliki cukup air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Hingga kini, penyediaan air bersih untuk masyarakat di Indonesia masih diperhadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan sampai saat ini belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai saat ini yakni masih kurangnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat. Disisi lain ketersediaan sumber daya alam pun memiliki dampak untuk keberlangsungan suatu daerah. Salah satu sumber daya alam yang sangat penting adalah sumber daya air. Dengan adanya

pengembangan dan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat akan menyebabkan kebutuhan akan air bersih meningkat. Untuk itu diperlukan adanya penyediaan air bersih yang secara kualitas dapat memenuhi standar air bersih yang berlaku dan secara kuantitas harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat disuatu daerah secara berkelanjutan sehingga aktivitas dapat berjalan dengan baik.

Desa Uuwan adalah suatu daerah yang berada di kecamatan Domuga Barat, kabupaten Bolaang Mongondow Selatan. Desa Uuwan memiliki luas 20 km² dengan jumlah penduduk 2499 jiwa pada tahun 2015. Bila dibandingkan jumlah penduduk dalam 10 tahun terakhir yaitu pada tahun 2006 jumlah penduduk desa sebanyak 2120 jiwa dan data terakhir pada tahun 2015 meningkat menjadi 2499 jiwa. Dengan bertambahnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun, maka secara otomatis jumlah kebutuhan air bersih di Desa Uuwan akan meningkat.

Di Desa Uuwan terdapat dua mata air yang dapat digunakan oleh warga untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari. Kebutuhan air masyarakat meliputi kebutuhan untuk air minum, untuk masak, untuk MCK, dan lain sebagainya. Air yang dialirkan hanya sebatas kran-kran umum yang diletakkan pada beberapa tempat.

Pada salah satu mata air terdapat bak broncaptering dan beberapa pipa yang telah dibuat oleh Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (PNPM) Mandiri pedesaan. Namun, saat ini air yang dihasilkan oleh mata air tersebut sudah tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan warga. Hal ini dikarenakan mata air yang ada sudah mulai mengering. Sehingga beberapa warga yang awalnya menggunakan mata air beralih menggunakan sumur. Akan tetapi pada kondisi kemarau air sumur yang ada tampak keruh. Dengan kata lain air sumur tersebut tidak layak konsumsi karena tidak memenuhi kriteria air bersih. Namun pada sistem penyediaan air bersih ini, masih terdapat beberapa pipa yang masih layak digunakan. Pipa-pipa yang akan digunakan terletak di daerah pemukiman warga.

Dari uraian di atas, di desa Uuwan saat ini telah ada penyediaan air bersih. Namun air yang ada tidak dapat memenuhi kebutuhan air warga dikarenakan air telah mengering. Sehingga perlu adanya pengembangan sistem penyediaan air bersih untuk warga desa Uuwan.

Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang di atas, dapat dirumuskan bahwa ketersediaan air bersih di desa Uuwan tidak mencukupi kebutuhan air seluruh warga, dan sebagian warga masih menggunakan air sumur yang tidak layak konsumsi untuk itu perlu diadakan pengembangan sistem penyediaan air bersih dengan mencari sumber yang baru di desa tersebut.

Batasan Masalah

Pada pengembangan sistem penyediaan air ini dibatasi pada:

1. Analisis kebutuhan dan ketersediaan air bersih di desa Uuwan sampai 20 tahun ke depan
2. Sistem pelayanan air bersih hanya sebatas Hidran Umum (HU)
3. Pengolahan dan kualitas air tidak dibahas
4. Perhitungan struktur bangunan air tidak dihitung, namun perencanaan dimensi bangunan air akan dihitung

5. Menganalisis sistem perpipaan dengan menggunakan program epanet

Tujuan Penelitian

Untuk merencanakan pengembangan sistem penyediaan air bersih di Desa Uuwan Kecamatan Domuga Barat Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan.

Manfaat Penelitian

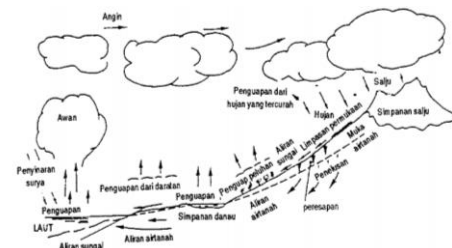
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan bisa menjadi pembelajaran bagi peneliti dalam pemberdayaan sumber daya air yang ada,
2. Penelitian ini bisa menjadi solusi dalam permasalahan air bersih di desa Uuwan,
3. Peneliti juga dapat merencanakan pengembangan sistem penyediaan air bersih yang tepat untuk desa tersebut.

LANDASAN TEORI

Siklus Hidrologi

Ketersediaan air di daratan bumi akan terus terjaga karena adanya hujan. Hujan dapat terjadi karena adanya mekanisme alam yang berlangsung secara siklus dan terus-menerus. Siklus hidrologi adalah suatu siklus atau sirkulasi air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus-menerus.



Gambar 1 Siklus Hidrologi
Sumber : E. M. Wilson, 1993

Sumber-sumber Air

Sumber air merupakan komponen penting untuk penyediaan air bersih karena tanpa adanya sumber air maka suatu sistem penyediaan air bersih tidak berfungsi. Berikut 5 macam sumber air yang ada di permukaan bumi:

1. Air Laut
2. Air Hujan
3. Air Permukaan

4. Air Tanah
5. Mata Air

Persyaratan Dalam Penyediaan Air Bersih

Penyediaan air bersih memiliki beberapa persyaratan utama yang harus di penuhi, persyaratan tersebut meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Persyaratan Kualitatif
2. Persyaratan Kuantitatif
3. Persyaratan Kontinuitas

Ketersediaan Air

Bumi memiliki ketersediaan air begitu melimpah. Lautan, danau dan sungai adalah merupakan sumber-sumber air yang menjanjikan untuk ketersediaan air di muka bumi. Namun, air yang digunakan untuk kehidupan manusia mempunyai berbagai macam persyaratan utama yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih.

Pada perencanaan sistem penyediaan air bersih, informasi mengenai ketersediaan air sangat penting untuk melihat apakah debit yang ada mampu melayani konsumsi air dari masyarakat.

Kebutuhan Air

Air merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan manusia. Sudah menjadi anggapan umum bahwa di mana ada air, maka di sana ada harapan akan kehidupan.

Kebutuhan air ini sangat berkaitan erat dengan jumlah penduduk. Semakin besar jumlah penduduk maka semakin besar pula kebutuhan air yang diperlukan. Dalam menganalisis kebutuhan air bersih maka perlu menghitung jumlah penduduk.

Menghitung Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk di suatu daerah akan selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Pertumbuhan ini sangat bergantung pada beberapa faktor seperti kelahiran, kematian, imigrasi, urbanisasi serta perluasan kota. Untuk memproyeksikan pertumbuhan penduduk perlu digunakan perhitungan menggunakan analisis regresi.

Analisis regresi yang dapat digunakan antara lain :

1. Regresi Linier
2. Regresi Logaritma
3. Regresi Eksponensial

Pemilihan Trend Regresi Terbaik

- 1) Koefisien Determinan dan Koefisien Korelasi

Koefisien determinasi (r^2) adalah satu ukuran yang dapat digunakan untuk mengukur pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Dengan $0 < r^2 < 1$. Sedangkan koefisien korelasi (r) merupakan akar dari koefisien determinasi. Besarnya hubungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain dapat dinyatakan dengan koefisien korelasi yang disimpulkan dengan huruf "r".

- 2) Menghitung *Standart Error*

Standart Error digunakan untuk dapat mengetahui kesalahan dari metode analisa regresi yang digunakan. Semakin kecil kesalahan maka semakin mendekati garis trend.

Rumus :

$$Se = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y')^2}{n-2}} \quad (1)$$

Dengan :

Se = *Standart Error*

Y_i = Jumlah penduduk tahun ke- i

Y' = Jumlah penduduk awal

n = Jumlah data

Pemilihan trend regresi terbaik yang akan digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi (r^2) terbesar dan nilai *Standart Error* (Se) terkecil.

Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi perkapita. Sering kali populasi dan sejarah populasi dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik terutama dalam menentukan kecenderungan laju pertumbuhan penduduk (*Growth Rate Trends*).

Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih untuk digunakan pada sarana dan prasarana daerah yang teridentifikasi ada atau bakal ada berdasarkan rencana tata ruang, sarana dan prasarana yang dimaksud adalah berupa kepentingan sosial/umum, seperti untuk rumah sakit, tempat ibadah, sekolah, kesehatan, dan juga untuk kepentingan komersial lainnya.

Kehilangan Air

Kehilangan air dapat didefinisikan sebagai selisih antara air yang masuk ke pipa transmisi

dan jaringan distribusi dengan air yang terjual/terpakai. Kehilangan air ini diakibatkan oleh beberapa hal, yaitu :

- Penyambungan liar.
- Terkena tekanan dari sisi luar pipa sehingga menyebabkan pipa retak atau pecah.
- Pemasangan sambungan yang tidak tepat pada saat pelaksanaan.

Tabel 1 Kriteria Perencanaan Air Bersih

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/org/hari)	> 150	150 - 120	90 - 120	80 - 120	60 - 80
2. Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/org/hari)	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi unit non domestik					
a. Niaga Kecil (liter/unit/hari)	600 – 900	600 – 900		600	
b. Niaga Besar (liter/unit/hari)	1000 – 5000	1000 – 5000		1500	
c. Industri Besar (liter/detik/ha)	0.2 – 0.8	0.2 – 0.8		0.2 – 0.8	
d. Pariwisata (liter/detik/ha)	0.1 – 0.3	0.1 – 0.3		0.1 – 0.3	
4. Kehilangan Air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
5. Faktor Hari Maksimum	1.15 – 1.25 * harian	1.15 – 1.25 * harian	1.15 – 1.25 * harian	1.15 – 1.25 * harian	1.15 – 1.25 * harian
6. Faktor Jam Puncak	1.75 – 2.0 * hari maks	1.75 – 2.0 * hari maks	1.75 – 2.0 * hari maks	1.75 * hari maks	1.75 * hari maks
7. Jumlah Jiwa Per SR (Jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah Jiwa Per HU (Jiwa)	100	100	100	100 - 200	200
9. Sisa Tekan Di penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir (% Max Day Demand)	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber : Kriteria Perencanaan Air Bersih Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

Unit-unit Penyediaan Air Bersih Bangunan Pengambil

Pembuatan bangunan pengambil air baku berfungsi untuk penyediaan air bersih. Bangunan pengambil ini dapat berupa bangunan penangkap air (*broncaptering*) dan intake.

Sistem Transmisi

Sistem transmisi adalah suatu cara/metode pengendalian pergerakan air dari sumbernya (danau, sungai, waduk, dan sumber lainnya) hingga mencapai bangunan pengolahan air dalam sistem transmisi. Sistem transmisi berfungsi untuk mengaliri air dari sumber air ke reservoir

dan instalasi pengolahan air, serta dari reservoir ke reservoir lainnya,

Sistem Distribusi

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen).

Tipe Pengaliran

1) Sistem Gravitasi (*Gravity System*)

Sistem ini dapat digunakan bila reservoir terletak di daerah yang cukup tinggi sehingga tidak perlu menggunakan pompa. Air pada

sistem ini dapat mengalir dengan gaya gravitasi bumi.

2) Sistem Pompa (*Pumping System*)

Sistem ini digunakan bila reservoir terletak di daerah yang rendah sehingga “head” (tinggi energi) tidak memungkinkan terjadinya suplai air berdasarkan gaya gravitasi. Dengan pemasangan pompa berarti dilakukan penambahan “head” sehingga air dapat disuplai ke pemakai dan masi memiliki “head” yang cukup pada akhir jaringan pipa.

3) *Dual System*

Cara kerja *dual system* sama dengan *Pumping System*, namun apabila pemakaian di kota kecil, maka sebagian air akan ditampung pada “*service reservoir*”. Air pada *service reservoir* digunakan pada saat pemakaian maksimum (untuk mengurangi beban pompa), atau pada waktu pompa diistirahatkan/diperbaiki.

Reservoir

Reservoir merupakan tempat penampungan air sementara yang menampung air disaat pemakaian lebih sedikit dari suplai dan digunakan untuk menutupi kekurangan disaat pemakaian lebih besar dari suplai.

Berdasarkan grafik fluktuasi kebutuhan air bersih dari DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih didapatkan nilai *load factor* pada tabel berikut :

Tabel 2 Fluktuasi pemakaian air

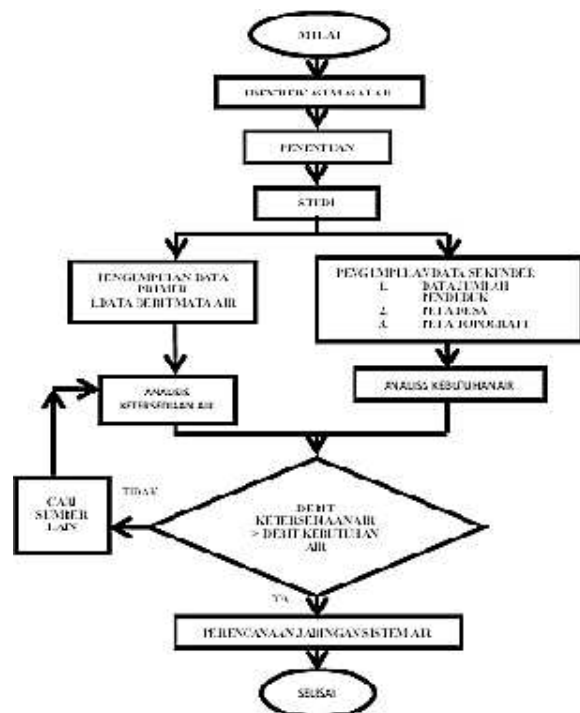
Jam	Load Faktor	Rekapitulasi Presentasi pemakaian air (%)
00.00-01.00	0,3	1,251
01.00-02.00	0,37	1,543
02.00-03.00	0,45	1,877
03.00-04.00	0,64	2,669
04.00-05.00	1,15	4,796
05.00-06.00	1,4	5,838
06.00-07.00	1,53	6,380
07.00-08.00	1,56	6,505
08.00-09.00	1,41	5,880
09.00-10.00	1,38	5,755
10.00-11.00	1,27	5,296
11.00-12.00	1,2	5,004
12.00-13.00	1,14	4,754
13.00-14.00	1,17	4,879
14.00-15.00	1,18	4,921
15.00-16.00	1,22	5,088
16.00-17.00	1,31	5,463
17.00-18.00	1,38	5,755
18.00-19.00	1,25	5,213
19.00-20.00	0,98	4,087
20.00-21.00	0,62	2,586
21.00-22.00	0,45	1,877
22.00-23.00	0,37	1,543
23.00-24.00	0,25	1,043
	23,98	100,00

Sumber: DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih

Program Epanet

Epanet adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, node (titik koneksi pipa), pompa, katup, dan tangki air atau reservoir. *Epanet* menajajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian



Gambar 2 Bagan Alur Penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan jumlah penduduk sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air masyarakat suatu wilayah tertentu. Begitu pula dalam menganalisis kebutuhan air bersih di desa Uuwan, perlu adanya analisis proyeksi pertumbuhan penduduk untuk 20 tahun ke depan sesuai dengan perencanaan dalam penelitian ini.

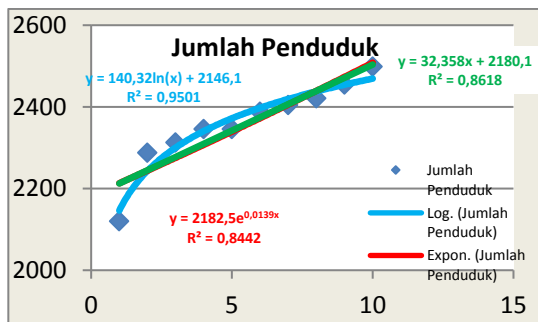
Data jumlah penduduk desa Uuwan diperoleh dari Kepala Desa dan Kantor Badan Pusat Statistik Kabupaten Bolaang Mongondow

Tabel 3 Jumlah Penduduk Desa Uuwan

NO	TAHUN	JUMLAH PENDUDUK
1	2006	2.120
2	2007	2.288
3	2008	2.313
4	2009	2.346
5	2010	2.346
6	2011	2.388
7	2012	2.405
8	2013	2.421
9	2014	2.455
10	2015	2.499

Tabel 4 Hasil Rekapitulasi Analisis Regresi

No	Trend	Y'	R	r ²	Se
1	Linier	$Y' = (a + b \times (X)) = (2180,133 + 32,3573 \times (X))$	0,9283573	0,86185	41,602812
2	Logaritma	$Y' = a + b \times \ln(x) = 2146,149 + (140,324 \times \ln(x))$	0,9747260	0,95009	25,005358
3	eksponensial	$Y' = a \times e^{b(x)} = (2182,487 \times e^{0,0139(x)})$	0,9188177	0,84423	42,628890



Gambar 3 Hasil Rekapitulasi Analisis Regresi

Tabel 5 Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Uuwan

	Tahun	x	Jumlah penduduk (Y')
$Y' = a + b \cdot \ln(x)$ $= 2146,149 + (140,324 \cdot \ln(x))$	2016	11	2.483
	2020	15	2.526
	2025	20	2.567
	2030	25	2.598
	2035	30	2.623

Analisis Kebutuhan Air Domestik

Untuk proyeksi kebutuhan air di masa datang didasarkan pada hasil proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk yang ada di wilayah studi. Berdasarkan pada Kriteria Perencanaan Air Bersih Ditjen Cipta Karya PU, maka konsumsi air domestik diambil dari perbandingan SR : HU yang sebesar 70 : 30, dimana konsumsi untuk SR adalah 60 l/org/hari dan HU adalah 30 l/org/hari. Hal ini dilakukan agar dapat mengantisipasi adanya penggunaan sambungan rumah pada tahun-tahun kedepan.

Tabel 6 Kebutuhan air domestik

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kebutuhan Penduduk (l/hari) (Jml.pend x 30% x 30) + (Jml.pend x 70% x 60)
2016	2.483	126.614,1721
2020	2.526	128.833,7984
2025	2.567	130.892,5975
2030	2.598	132.489,5262
2035	2.623	133.794,312

Analisis Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan akan air bersih yang meliputi kebutuhan untuk fasilitas pelayanan umum, seperti kantor, sekolah, rumah sakit/puskesmas, tempat ibadah, dan lain-lain.

Untuk kebutuhan air non domestik desa diambil 5% dari kebutuhan air domestik.

Tabel 7 Kebutuhan Air Non Domestik

Tahun	Debit Kebutuhan Air Domestik (Qd)		Debit Kebutuhan Air Non Domestik (Qn)	
	l/hari	l/dtk	l/hari	l/dtk
2016	126.614,172	1,465442	6.330,7086	0,0733
2020	128.833,798	1,491132	6.441,6899	0,0746
2025	130.892,598	1,514961	6.544,6299	0,0757
2030	132.489,526	1,533444	6.624,4763	0,0767
2035	133.794,312	1,548545	6.689,7156	0,0774

Analisis Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Berdasarkan Tabel 1 Kriteria Perencanaan Air Bersih, nilai kehilangan air yaitu sebesar 20% dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan air non domestik.

Tabel 8 Kehilangan air

Tahun	Debit Kebutuhan Air Domestik (Qd)		Debit Kebutuhan Air Non Domestik (Qn)		Kehilangan Air (Qa)	
	l/hari	l/dtk	l/hari	l/dtk	l/hari	l/dtk
2016	126.614,17	1,465	6.330,70	0,0733	26.588,97	0,308
2020	128.833,79	1,491	6.441,69	0,0746	27.055,09	0,313
2025	130.892,59	1,515	6.544,63	0,0757	27.487,44	0,318
2030	132.489,52	1,533	6.624,47	0,0767	27.822,80	0,322
2035	133.794,31	1,548	6.689,71	0,0774	28.096,80	0,325

Analisis Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total adalah total penambahan dari kebutuhan domestik, kebutuhan non domestik ditambah dengan kehilangan air.

Tabel 9 Debit total

Tahun	Kebutuhan Air Domestik (Qd)	Kebutuhan Air Non Domestik (Qn)	Kehilangan Air (Qa)	Debit Total (Qt)
	l/dtk	l/dtk	l/dtk	l/dtk
2016	1,4654	0,0733	0,3077	1,8465
2020	1,4911	0,0746	0,3131	1,8788
2025	1,5150	0,0757	0,3181	1,9089
2030	1,5334	0,0767	0,3220	1,9321
2035	1,5485	0,0774	0,3252	1,9512

Berdasarkan perhitungan di atas, kebutuhan air total pada 20 tahun mendatang (tahun 2035), yaitu 1,9512 l/dtk atau 64,270 l/org/hari.

Desain Sistem Jaringan Air Bersih Desain Hidrolis Keran Umum

Hidran umum berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air untuk seluruh penduduk. Hal paling penting dalam perencanaan hidran umum yaitu jumlah hidran umum dan tata letaknya agar lebih efisiensi dan efektif dalam penggunaannya.

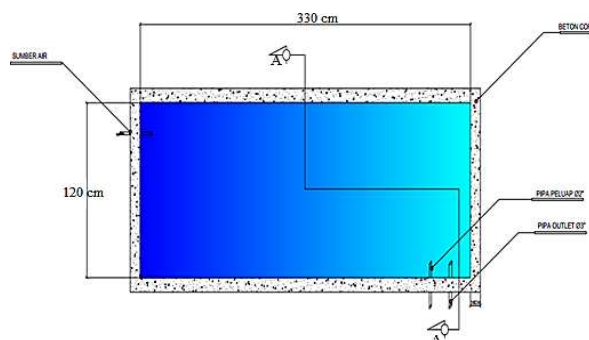
Sesuai dengan standar tersebut dicantumkan bahwa jumlah jiwa per hidran umum untuk daerah pedesaan adalah 100 jiwa. Jumlah hidran umum daerah layanan sistem jaringan air bersih dihitung sebagai berikut.

- Jumlah penduduk = 2.623 jiwa
- Jumlah hidran umum
= $2.623 / 100 = 26,28 = 27$ keran
- Kebutuhan air = 1,9512 l/dtk
- Kebutuhan air tiap hidran
= $1,9512 / 27 = 0,072$ l/dtk/keran

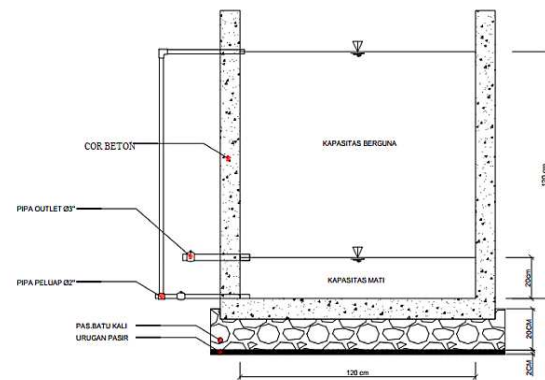
Unit Transmisi

Bangunan penampung mata air (*Broncaptering*)

Pada perencanaan ini, bangunan penampung mata air yang digunakan adalah bangunan *broncapter*. *Broncaptering* merupakan bangunan yang penting dalam pengembangan sistem air bersih. *Broncaptering* berfungsi sebagai bangunan penangkap/penampung air yang dibangun untuk menampung air yang keluar dari sumber mata air. Yang kemudian dialirkan ke bangunan reservoir melalui pipa yang telah direncanakan.



Gambar 4 Tampak atas *Broncaptering*



Gambar 5 Pot A-A *Broncaptering*

Unit Distribusi

Reservoir dapat digunakan sebagai bak penampung yang berada di daerah yang lebih tinggi elevasinya dari pada elevasi daerah layanan, sehingga air yang akan didistribusikan ke konsumen bisa dialirkan dengan menggunakan sistem gravitasi.

Apabila presentase jumlah penduduk 100 % dan kebutuhan air total 1,9512 l/dtk atau 64,271 l/org/hari. Dan debit mata air sebesar 1,992 l/dtk atau 7,171 m³/jam atau 172,108 m³/hari. Berikut adalah perhitungan kapasitas reservoir:

Jumlah penduduk

$$= 100 \% \times 2.623 = 2.623 \text{ org}$$

Kebutuhan air harian

$$= 2623 \times 64,271 \text{ l/org/hari}$$

$$= 168.583,68 \text{ l/hari} = 168,584 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 7,024 \text{ m}^3/\text{jam} = 1,9512 \text{ l/dtk}$$

Suplay air

$$= 1,992 \text{ l/dtk} = 7.171,2 \text{ l/jam}$$

$$= 7,1712 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Berdasarkan grafik fluktuasi kebutuhan air dari DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih didapat nilai *load factor* pada tabel 10.

Suplai merata dalam 24 jam di mana total pemakaian air dalam 1 hari adalah 168,584 m³/hari. Untuk perhitungan kapasitas berguna bak penampung dapat dilihat pada tabel 11.

Pada simulasi hitungan kapasitas berguna reservoir di atas, diambil volume maksimal 29,8732 m³. Hal ini dilakukan agar volume pada reservoir dapat berkelanjutan dari hari ke hari sesuai dengan kebutuhan. Jika terjadi kelebihan volume pada reservoir maka kelebihan tersebut akan diluapkan melalui pipa pelup. Hal tersebut dapat dilihat pada jam 02.00-03.00 dan 03.00-04.00.

Tabel 10 Hasil perhitungan fluktuasi pemakaian air

Jam	Load Faktor	Rekapitulasi Presentasi pemakaian air (%)	Pemakaian Air bersih Tahun 2036
00.00-01.00	0,3	1,250	2,1073
01.00-02.00	0,37	1,541	2,5979
02.00-03.00	0,45	1,877	3,1643
03.00-04.00	0,64	2,669	4,4995
04.00-05.00	1,15	4,796	8,0853
05.00-06.00	1,4	5,838	9,8419
06.00-07.00	1,53	6,380	10,7556
07.00-08.00	1,56	6,505	10,9664
08.00-09.00	1,41	5,880	9,9127
09.00-10.00	1,38	5,755	9,7020
10.00-11.00	1,27	5,296	8,9282
11.00-12.00	1,2	5,004	8,4359
12.00-13.00	1,14	4,754	8,0145
13.00-14.00	1,17	4,879	8,2252
14.00-15.00	1,18	4,921	8,2960
15.00-16.00	1,22	5,088	8,5775
16.00-17.00	1,31	5,463	9,2097
17.00-18.00	1,38	5,755	9,7020
18.00-19.00	1,25	5,213	8,7883
19.00-20.00	0,98	4,087	6,8900
20.00-21.00	0,62	2,586	4,3596
21.00-22.00	0,45	1,877	3,1643
22.00-23.00	0,37	1,543	2,6012
23.00-00.00	0,25	1,043	1,7583
	23,98	100,000	168,584

Tabel 11 Hitungan kapasitas berguna dari reservoir

Jam	masuk	keluar	meluap	Volume di Reservoir
	m ³	m ³	m ³	m ³
00.00-01.00	7,1712	2,1073		22,1464
01.00-02.00	7,1712	2,5979		26,7198
02.00-03.00	7,1712	3,1643	0,8534	29,8732
03.00-04.00	7,1712	4,4995	2,6717	29,8732
04.00-05.00	7,1712	8,0853		28,9591
05.00-06.00	7,1712	9,8419		26,2884
06.00-07.00	7,1712	10,7556		22,7040
07.00-08.00	7,1712	10,9664		18,9088
08.00-09.00	7,1712	9,9127		16,1673
09.00-10.00	7,1712	9,7020		13,6365
10.00-11.00	7,1712	8,9282		11,8795
11.00-12.00	7,1712	8,4359		10,6148
12.00-13.00	7,1712	8,0145		9,7715
13.00-14.00	7,1712	8,2252		8,7175
14.00-15.00	7,1712	8,2960		7,5927
15.00-16.00	7,1712	8,5775		6,1864
16.00-17.00	7,1712	9,2097		4,1478
17.00-18.00	7,1712	9,7020		1,6171
18.00-19.00	7,1712	8,7883		0,0000
19.00-20.00	7,1712	6,8900		0,2812
20.00-21.00	7,1712	4,3596		3,0928
21.00-22.00	7,1712	3,1643		7,0997
22.00-23.00	7,1712	2,6012		11,6696
23.00-00.00	7,1712	1,7583		17,0825
	172,1088	168,584		

Untuk perhitungan dimensi dari bak resevoir dapat dilihat di bawah ini.

Volume maksimal berguna reservoir
= 29,8732 m³

Diambil ukuran reservoir :

Panjang dan lebar = 5 m x 3 m

Tinggi kapasitas berguna = 2 m

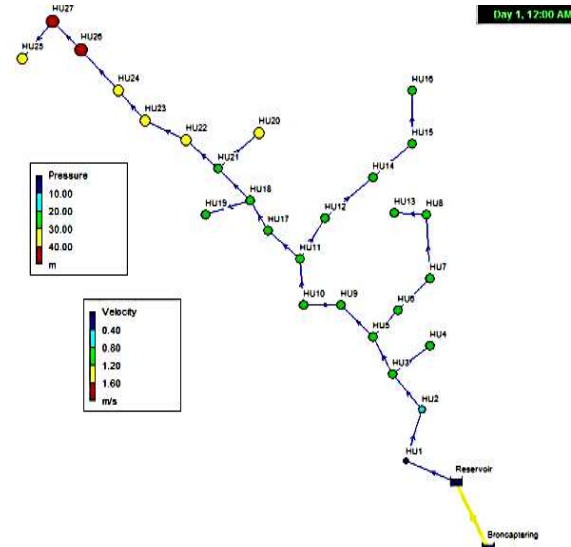
Kapasitas berguna yang disiapkan

= 5 m x 3 m x 2 m

= 30 m³ > 29,8732 m³

Sistem Jaringan Pipa Menggunakan Epanet 2.0

Hasil analisis perhitungan sistem jaringan pipa desa Uuwan adalah sebagai berikut :



Gambar 6 Sketsa jaringan desa Uuwan

Tabel 12. Node Parameter jaringan desa Uuwan

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc HU1	195	0.072	201.86	5.86
Junc HU2	183	0.072	201.67	18.67
Junc HU3	176.6	0.072	201.51	24.91
Junc HU4	176	0.072	201.51	25.51
Junc HU5	174.4	0.072	201.48	27.08
Junc HU6	176.4	0.072	201.47	25.07
Junc HU7	177.6	0.072	201.46	23.86
Junc HU8	177.3	0.072	201.45	24.15
Junc HU13	176.3	0.072	201.45	25.15
Junc HU9	176	0.072	201.42	25.42
Junc HU10	175.3	0.072	201.40	26.10
Junc HU11	175.7	0.072	201.38	25.68
Junc HU12	177.4	0.072	201.38	23.98
Junc HU14	178	0.072	201.37	23.37
Junc HU15	177.5	0.072	201.37	23.87
Junc HU16	178.8	0.072	201.37	22.57
Junc HU17	175	0.072	201.30	26.30
Junc HU18	175.1	0.072	201.24	26.14
Junc HU19	173.3	0.072	201.24	27.94
Junc HU21	172	0.072	201.20	29.20
Junc HU20	169.5	0.072	201.20	31.70
Junc HU22	170	0.072	201.10	31.10
Junc HU23	166	0.072	201.02	35.02
Junc HU24	164.8	0.072	200.97	36.17
Junc HU26	160	0.072	200.93	40.93
Junc HU27	159.4	0.072	200.92	41.52
Junc HU25	164	0.072	200.92	36.92
Resvr Broncapling	244	#N/A	244.00	0.00
Resvr Reservoir	202	#N/A	202.00	0.00

Tabel 13 *Link Parameter* jaringan desa Uuwan

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe PB-R	715	76.2	101.6	7.02	1.54	58.74
Pipe PR-1	220	101.6	150	1.94	0.24	0.65
Pipe P1-2	315	101.6	150	1.87	0.23	0.61
Pipe P2-3	270	101.6	150	1.80	0.22	0.57
Pipe P3-4	90	50.8	150	0.07	0.04	0.04
Pipe P3-5	60	101.6	150	1.66	0.20	0.48
Pipe P5-6	80	63.5	150	0.29	0.09	0.19
Pipe P6-7	60	63.5	150	0.22	0.07	0.11
Pipe P7-8	140	63.5	150	0.14	0.05	0.05
Pipe P8-13	100	50.8	150	0.07	0.04	0.04
Pipe P5-9	215	101.6	150	1.30	0.16	0.31
Pipe P9-10	75	101.6	150	1.22	0.15	0.28
Pipe P10-11	80	101.6	150	1.15	0.14	0.25
Pipe P11-12	75	101.6	150	0.29	0.04	0.02
Pipe P12-14	105	101.6	150	0.22	0.03	0.01
Pipe P14-15	90	63.5	150	0.14	0.05	0.05
Pipe P15-16	95	50.8	150	0.07	0.04	0.04
Pipe P11-17	150	76.2	150	0.79	0.17	0.50
Pipe P17-18	150	76.2	150	0.72	0.16	0.42
Pipe P18-19	105	76.2	150	0.07	0.02	0.01
Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe P18-21	130	76.2	150	0.58	0.13	0.28
Pipe P21-20	170	63.5	150	0.07	0.02	0.01
Pipe P21-22	265	63.5	150	0.43	0.14	0.40
Pipe P22-23	275	63.5	150	0.36	0.11	0.28
Pipe P23-24	245	63.5	150	0.29	0.09	0.19
Pipe P24-26	1075	76.2	150	0.22	0.05	0.05
Pipe P26-27	175	76.2	150	0.14	0.03	0.02
Pipe P27-25	245	63.5	150	0.07	0.02	0.01

Untuk membuktikan hasil perhitungan dari program *EPANET 2.0*, maka perlu dilakukan perhitungan kecepatan pengaliran dalam pipa (v) dan *headloss* (H_f) pada pipa distribusi dengan cara manual.

- Pipa distribusi HU27 – HU25

$$L = 245\text{m} = 0,245 \text{ km}$$

$$D = 2\frac{1}{2}'' = 63,5 \text{ mm} = 0,0635 \text{ m}$$

$$Q = 0,072 \text{ l/dtk} = 0,000072 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{CHW} = 150$$

- Hitung luas (A)

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$= \frac{\pi \times 0,0635^2}{4} = 0,00316$$

- Hitung Unit *headloss*

$$H_f = \frac{10,67 \times Q^{1,852}}{C_{hw}^{1,852} \times D^{4,8704}} \times L$$

$$H_f = \frac{10,67 \times 0,000072^{1,852}}{150^{1,852} \times 0,0635^{4,87}} \times 245$$

$$H_f = 0,0035 \text{ m}$$

$$\text{Unit headloss} = \frac{0,0035}{0,245} = 0,014 \text{ m/km}$$

- Hitung kecepatan aliran

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000072}{0,00316} = 0,0227 \text{ m/dtk}$$

Dari analisis di atas, dapat dibandingkan hasil kecepatan pengaliran dalam pipa (v) dan *Unit Headloss* (H_f) dengan menggunakan analisis software *EPANET 2.0* dan perhitungan manual. Dari hasil perhitungan kedua analisis di atas dapat dilihat hasil yang sama.

Pembahasan

Pertumbuhan Penduduk

Untuk proyeksi pertumbuhan penduduk 20 tahun kedepan dihitung dengan menggunakan metode analisis regresi. Metode regresi terdiri atas 3 metode, yaitu metode regresi linier, regresi logaritma, dan regresi eksponensial. Dari Hasil ketiga regresi tersebut, regresi logaritma yang memiliki trend regresi terbaik dengan nilai r^2 sebesar 0,9501 dan Se sebesar 25,0054. Hal ini dikarenakan regresi logaritma memiliki nilai r^2 terbesar dan Se terkecil sebagai syarat dari trend regresi terbaik. Dengan hasil perhitungan pertumbuhan penduduk pada tahun 2035 sebesar 2.623 orang.

Kebutuhan Air

Untuk proyeksi kebutuhan air dianalisis menggunakan standar/kriteria perencanaan air bersih dapat dilihat pada tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Air Bersih. Kebutuhan air total didapat dari total penjumlahan kebutuhan air bersih baik kebutuhan domestik, nondomestik dan kehilangan untuk 20 tahun mendatang. Nilai kebutuhan air domestik didapat dari hasil perbandingan SR : HU (70:30), dari perbandingan kedua kebutuhan di atas didapat 2 hasil perkalian. Perkalian pertama mencari kebutuhan SR, dimana nilai kebutuhan SR adalah 60 l/org/hari. Perkalian kedua mencari kebutuhan HU, dimana nilai kebutuhan HU adalah 30 l/org/hari. Untuk hasil kebutuhan domestik didapat dari penjumlahan hasil perkalian SR dan HU. Sehingga didapat kebutuhan air domestik pada tahun 2035 adalah sebesar 1,548 l/dtk atau 133.747 l/hari. Sedangkan untuk kebutuhan air non domestik didapat dari hasil perhitungan jumlah kebutuhan domestik dikalikan dengan angka presentase air bersih sebesar 5%, maka kebutuhan air non domestik adalah sebesar 0,077 l/dtk atau 6.689,7155 l/hari.

Untuk kehilangan air didapat dari perhitungan kebutuhan domestik ditambah kebutuhan non domestik kemudian dikalikan dengan angka kehilangan sebesar 20%, sehingga pada tahun 2035 didapatkan kehilangan air sebesar 0,325 l/dtk atau 28.096,806 l/hari. Maka

jumlah kebutuhan air total untuk tahun 2035 adalah sebesar 1,912 l/dtk atau 165.196,8 l/hari.

Sistem Jaringan Air bersih

Untuk menyalurkan air ke daerah layanan maka dapat dilakukan seperti tahapan-tahapan berikut:

Untuk sistem penyediaan air bersih, menggunakan keran umum sebanyak 27 keran yang disediakan untuk memenuhi kebutuhan penduduk sebesar 2.623 orang dan kebutuhan debit tiap hidran sebesar 0,072 l/dtk.

Desain jaringan perpipaan, untuk jaringan transmisi didesain dengan desain baru, sedangkan untuk jaringan distribusi menggunakan beberapa jaringan lama dan untuk menjangkau beberapa tempat didesain jaringan yang baru. Jaringan lama yang masih layak digunakan adalah sebagai berikut : jaringan pipa HU3-HU4, HU3-HU5, HU5-HU6, HU6-HU7, HU7-HU8, HU5-HU9, HU9-HU10, HU10-HU11, HU11-HU12, HU12-HU14, HU14-HU15, dan selebihnya menggunakan desain pipa yang baru.

Bangunan *broncaptering* digunakan untuk menangkap/ menampung air yang keluar dari sumber mata air. Untuk kapasitas berguna *broncaptering* didesain dengan ukuran panjang 3,3 m, lebar 1,2 m, dan tinggi 1,2 m.

Bangunan reservoir digunakan agar dapat menampung aliran air yang berasal dari *broncaptering*. Dalam hal ini reservoir diharapkan mampu memenuhi kebutuhan air total yang ada. Untuk ukuran reservoir didesain sesuai dengan volume maksimum yang direncanakan. Dari volume maksimum didapatkan kapasitas berguna reservoir dengan dimensi panjang 5 m, lebar 3 m, dan tinggi 2,5 m. Dimana tinggi reservoir terdiri atas tinggi kapasitas berguna 1,992 m, tinggi kapasitas mati 0,208 m, dan tinggi ruang udara 0,3 m.

Epanet merupakan program yang digunakan untuk menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air. Untuk program *Epanet* diperlukan data-data seperti tinggi elevasi tiap titik tinjauan baik itu *broncaptering*, reservoir maupun hidran umum, selain itu diperlukan juga data-data berupa panjang/jarak antara titik sebagai panjang pipa, diperlukan juga diameter pipa yang akan digunakan, koefisien kekasaran *Hazen-Williams*, dan data kebutuhan debit tiap HU. Dari hasil perhitungan menggunakan *Epanet 2.0* bisa dilihat bahwa air yang mengalir dapat dialirkan keseluruh keran yang berada di wilayah layanan.

Dalam pengembangan sistem jaringan air bersih di Desa Uuwan dapat menggunakan tipe pengaliran gravitasi (*gravity system*).

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk pengembangan sistem air bersih di desa Uuwan digunakan mata air sebagai sumber air bersih dengan debit sebesar 1,992 l/det atau 172.108,8 l/hari.
- Perhitungan proyeksi jumlah penduduk menggunakan analisis regresi logaritma. Hal ini dikarenakan regresi logaritma memiliki *standart error* (Se) terkecil dan memiliki nilai r^2 terbesar.
- Jumlah hidran umum sebanyak 27 hidran, dengan kapasitas 2,5 m³ tiap hidrannya. Dengan kebutuhan tiap hidran 0,072 l/det.
- Terdapat 11 pipa yang masih layak digunakan dan sisanya direncanakan. Pipa-pipa yang masih layak digunakan terdiri atas:
 1. Pipa HU3 – HU4
 2. Pipa HU3 – HU5
 3. Pipa HU5 – HU6
 4. Pipa HU6 – HU7
 5. Pipa HU7 - HU8
 6. Pipa HU5 – HU9
 7. Pipa HU9 – HU10
 8. Pipa HU10 – HU11
 9. Pipa HU11 – HU12
 10. Pipa HU12 – HU14
 11. Pipa HU14 – HU15
- Untuk menangkap air yang mengalir dari mata air digunakan bak *Broncaptering* dengan ukuran panjang 3,3 m, lebar 1,2 m, dan tinggi 1,2 m.
- Reservoir digunakan untuk menangkap air dari *Broncaptering* dan mengalirkannya ke pipa distribusi sampai ke hidran umum. Reservoir memiliki ukuran dimensi panjang 5 m, lebar 3 m, tinggi 2,5 m (kapasitas berguna reservoir 29,88 m³).
- Sistem distribusi yang digunakan dari reservoir sampai ke hidran umum menggunakan sistem gravitasi dan menggunakan pipa PVC (*Poly Vynil Chloride*).

Saran

- a. Perlu adanya kerjasama antara pemerintah dan warga masyarakat dalam menjaga kelestarian lingkungan terutama di wilayah mata air. Dengan cara melakukan penghijauan dan kurangi aktivitas penambangan liar di wilayah desa terutama disekitaran mata air agar debit yang ada di mata air tersebut masih dapat digunakan di masa depan tanpa mengurangi kualitas dan kuantitasnya.
- b. Bila terjadi pengurangan debit pada mata air akibat kurangnya curah hujan dan juga akibat dari bertambahnya jumlah penduduk pada masa yang akan datang. Maka disarankan untuk menggunakan sungai yang berada di desa Uuwan sebagai sumber baru yang dapat dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1997. *Kriteria Perencanaan Air Bersih*. Ditjen Cipta Karya Dinas PU, Jakarta
- Agus Irianto, 2004. *Statistik Konsep Dasar*, Aplikasi dan Pengembangan, Penerbit Prenada Media, Jakarta, hal 158; 182; 186; 187
- Anonimous, 2010. *Buku Manual Program Epanet*, <http://darmadi18.files.wordpress.com/2010/11/buku-manual-programepanetversibahasaindonesia.pdf>
- Anonimous, 2011. *Sistem Penyediaan Air Bersih*, http://adiprawito.dosen.narotama.ac.id/files/2011/10/BAB_VII_sistem_penyeediaan_air_bersih.pdf
- Anonimous, 2013, *Pengertian Siklus Hidrologi dan Macam*, <http://www.ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian-proses.html>
- Anonimous, 2016. *Sebanyak 4 Miliar Penduduk Dunia Mengalami Kekurangan Air Bersih*, <http://Nationalgeographic.co.id/berita/2016/02/sebanyak-4-miliar-penduduk-dunia-mengalami-kekurangan-air-bersih>
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidroulika II*, Beta Offset, Yogyakarta, hal 51;58
- BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Bolaang Mongondow, 2016. *Data Penduduk Desa Uuwan Tahun 2006-2015*
- E, M, Wilson, 1993, *Hidrologi Teknik (Judul Asli: Engineering Hydrology)*, ITB, Bandung, Hal 2
- Radiana Triatmadja, 2009, *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, hal 1-1, 1-26, 3-37, 3-50, 3-63
- Rahmadhan, R, E, Svita, 2015, *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Manembo Kecamatan Langowan Selatan Kabupaten Minahasa*. Skripsi Program S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, hal 66.
- Tanudjaja, L, 2011. *Rekayasa Lingkungan, Materi Kuliah*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado, hal 68; 71-74.